Periodische und unregelmäßige Vorgänge in der Ionosphäre.*)

(Mitteilung aus dem Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung.)

Von **K. W. Wagner** und **K. Fränz**, Berlin.

DK **621. 396. 11**
538. 56: 535. 3

Durch die Beobachtungen der von der Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V. während der Zeit vom Dezember 1932 bis zum Oktober 1934 nach Tromsö (Norwegen) entsandten funkwissenschaftlichen Expedition sind gewisse Zusammenhänge zwischen Echo und Ausbreitungserscheinungen und anderen geophysikalischen Phänomenen aufgedeckt worden, insbesondere zu den Nordlichtern und den unregelmäßigen Schwankungen des Erdmagnetismus. Bereits aus den Beobachtungen des ersten Halbjahres (Januar bis Juni 1933) ging dies deutlich hervor[1]. Die Aufzeichnungen der gesamten Beobachtungszeit haben dies durchaus bestätigt. Da die Bearbeitung des ganzen Materials eine geraume Zeit erfordert, wird im folgenden über einige bemerkenswerte und typische Ergebnisse kurz berichtet.

Die Beobachtungsstation wurde im Dezember 1932 im Nordlichtobservatorium in Tromsö von den Herren Dr.-Ing. K. Kreielsheimer und Ing. W. Stoffregen eingerichtet[2], die auch die Beobachtungen ausführten; vom April bis Oktober 1934 trat Herr K. Fränz an die Stelle von Herrn Kreielsheimer. Während der Zeit vom Anfang Januar bis Ende August 1933 bestand eine Zusammenarbeit zwischen der deutschen und englischen Expedition in Tromsö.

Durchgeführt wurden Untersuchungen an der Ionosphäre nach der Echomethode und Beobachtungen der Feldstärke und Peilung europäischer Rundfunkstationen.

Neben dem bekannten jahreszeitlichen und täglichen Gang der Erscheinungen findet man in

*) Nach einem Vortrag bei der 5. Hauptversammlung der internationalen funkwissenschaftlichen Union (URSI) in London, September 1934.

1) K. W. Wagner: Die funkwissenschaftliche Expedition der Heinrich-Hertz-Gesellschaft nach Tromsö (Norwegen). Berichte der Preuß. Akad. d. Wiss., phys.-math. Klasse 1933, siehe ENT **11**, S. 37, 1934.

2) W. Stoffregen: Apparate und Registrierverfahren der funktechnischen Expedition in Tromsö der Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens in Berlin, ENT **11**, S. 341, 1934.

Tromsö, das in der Zone der größten Nordlichthäufigkeit liegt, besonders ausgeprägt die unregelmäßige Beeinflussung, die gleichzeitig mit magnetischen Störungen auftritt.

In Abb. 1 ist das reguläre Verhalten des F-Gebietes der Ionosphäre dargestellt für die Frequenz 2 MHz (150 m). Die Kreuze geben die Zeit des sogenannten „Aufgangsphänomens" an, die Kreise die „Untergänge"; man versteht darunter, daß die Schicht bei langsam zu- oder abnehmender Ionenkonzentration für eine Frequenz

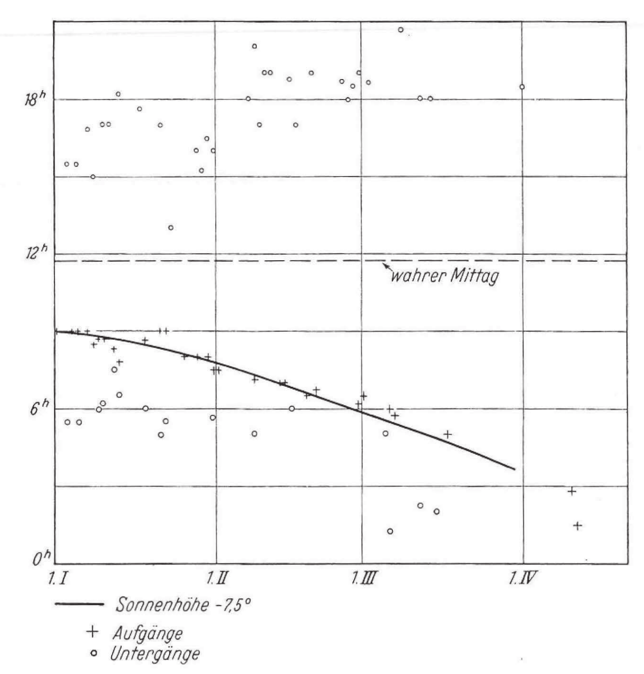


Abb. 1. Aufgangs- und Untergangserscheinungen im F-Gebiet der Ionosphäre bei 2 MHz ($\lambda = 75$ m) in Tromsö, 20. September 1934.

eben noch reflexionsfähig ist bei sehr kleiner Signalgeschwindigkeit in der Schicht. Die Aufzeichnung eines Untergangs enthält Abb. 3. Auffällig ist (Abb. 1) die Regelmäßigkeit der Aufgänge bei 2 MHz, die sehr genau mit der ausgezogenen Kurve zusammenfallen; diese Kurve gibt an, wann die Sonne 7,5° unter dem Horizont steht. Die Untergänge haben eine viel größere Streuung als die Aufgänge, außerdem liegen Auf- und Untergänge unsymmetrisch zum wahren Mittag ($11^{h}44^{m}$); beides ist verständlich, wenn man bedenkt, daß die Untergänge nicht nur durch die Abschattung der ionisierenden Strahlung, sondern auch durch die Rekombination und Zerstreuung der Ionen bedingt werden. Interessant ist, daß außer den normalen Nachmittagsuntergängen noch am frühen Morgen eine Anzahl Untergänge beobachtet wurden. Aus der Tatsache, daß zu 16 Untergängen dieser Art niemals ein zugehöriger Aufgang beobachtet wurde, möchte man schließen, daß diese Ionisierung von einer plötzlich einsetzenden Ur-

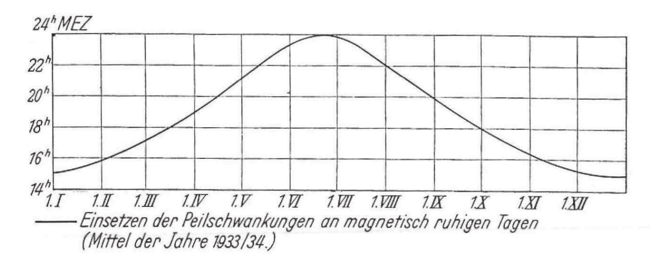


Abb. 2. Jährlicher Gang des Einsetzens der Peilschwankungen mitteleuropäischer Rundfunkwellen in Tromsö.

sache hervorgerufen wurde; in der Tat beginnen die zugehörigen Echos zu ganz unregelmäßigen Zeiten.

In Abb. 2 ist der normale Gang des Einsatzes der Peilschwankungen europäischer Rundfunkstationen dargestellt. Im Frühling und Sommer sind in Tromsö mittags überhaupt keine mitteleuropäischen Stationen zu hören, woraus sich mit Sicherheit ergibt, daß dort niemals



Abb. 3. Gestörtes Verhalten der Ionosphäre; plötzlicher Einbruch von Korpuskularstrahlung, erkennbar am unvermittelten Auftreten der Echos am E-Gebiet bei verschiedenen Wellen.

eine Bodenwelle ankommt. Im Laufe des Nachmittags steigt die Feldstärke allmählich über den Störspiegel an, und einige Stunden später setzen die Peilschwankungen ein; dieser Zeitpunkt ist in der ausgezogenen Kurve dargestellt. Bis zum Einsetzen der Peilschwankungen ist das Feld linear polarisiert, mit dem Beginn der Peilschwankungen fangen auch die Polarisationsschwankungen an. Das Auftreten von Peilschwankungen läßt sich

also bestimmt nicht in der Weise erklären, daß eine lineare Bodenwelle mit einer elliptischen Raumwelle interferiert.

Gleichzeitig mit magnetischen Störungen treten regelmäßig große Abweichungen der Ionosphäre von ihrem normalen Verhalten auf, wenn man unter normalem Verhalten die aus mittleren Breiten bekannten Erscheinungen versteht. Charakteristisch am häufigsten Nordlicht beobachtet. Es ist typisch, daß das F-Gebiet sehr selektiv gegenüber geringen Frequenzunterschieden ist; zum Beispiel beobachteten wir bei den obigen Frequenzen zuweilen scheinbare Höhenunterschiede vom Verhältnis 1 : 2 und zeitliche Verschiebungen der Auf- und Untergänge von mehr als 30 Minuten, während die abnorm hohe Ionisierung des E-Gebietes für beide

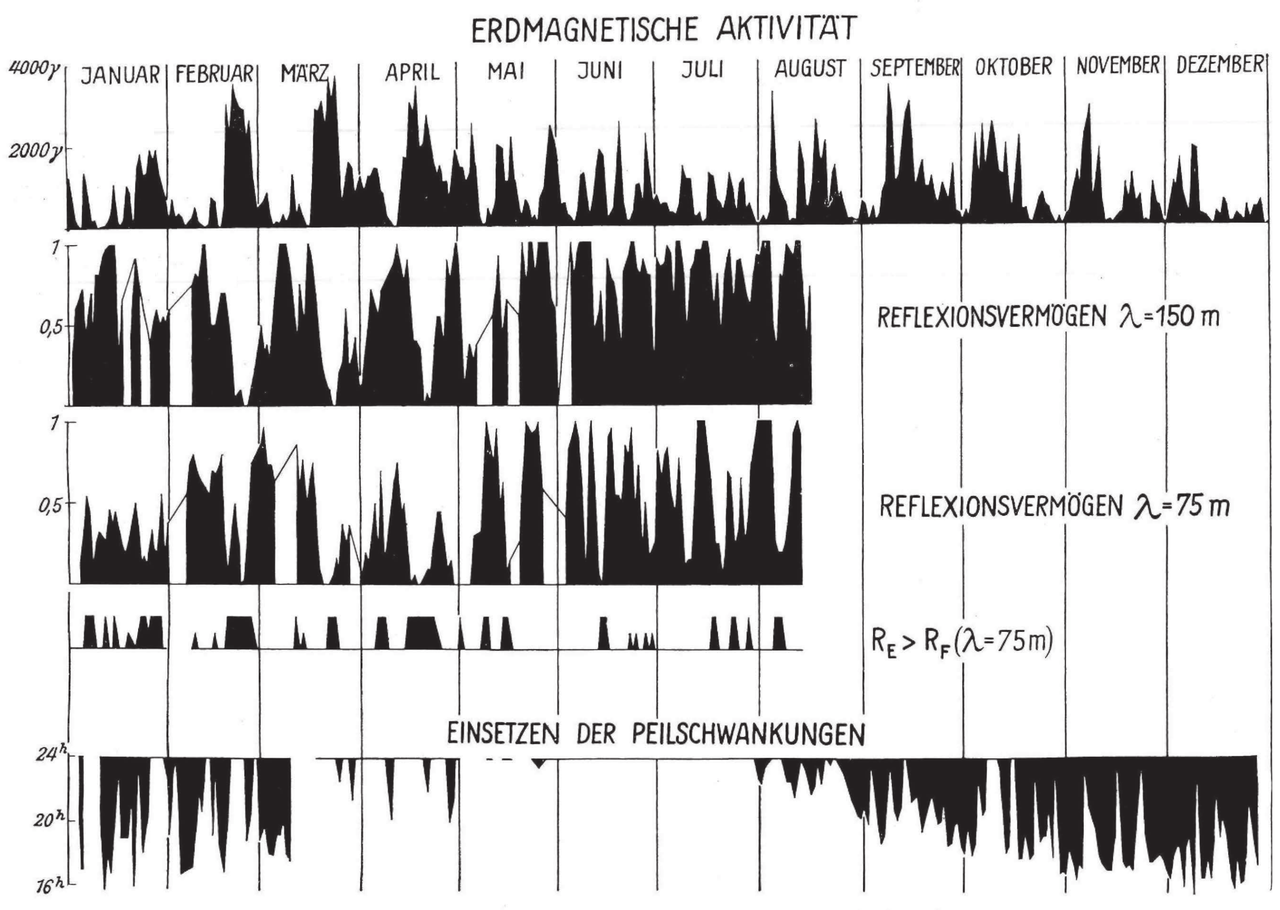


Abb. 4. Gegenüberstellung des Verlaufs der erdmagnetischen Aktivität, des Reflexionsvermögens der Ionosphäre und des Einsatzes der Peilschwankungen während des Jahres 1933 in Tromsö.

ist zum Beispiel die bei magnetischen Störungen plötzlich einsetzende hohe Ionisierung des E-Gebietes zur Abendzeit. In Abb. 3 sind zwei Echoregistrierungen bei 75,0 und 72,5 m wiedergegeben. Der normale Untergang bei 75 m findet 11 Minuten nach der Stundenmarke statt, bei 72,5 m entsprechend etwas früher, 6,2 Minuten. Plötzlich, nach 15 bzw. 14,2 Minuten (innerhalb der Ablesegenauigkeit übereinstimmend) wird das E-Gebiet reflexionsfähig für beide Wellen, während es an ruhigen Tagen auch zur Zeit des normalen Ionisierungsmaximums 75 m nicht reflektiert. In das E-Gebiet fällt auch die Höhe, in der man Wellen innerhalb der Meßgenauigkeit gleichzeitig und in gleicher Höhe auftritt. Beides ist mit der auch von Appleton, Naismith und Builder gegebenen Erklärung dieser Ionisierung durch die Korpuskularstrahlung des Nordlichtes gut vereinbar[3]). Die Tage hoher Ionisierung der E-Schicht sind fast ausschließlich Tage stärkerer magnetischer Störungen; in Abb. 4 zum Beispiel sind es die Tage, an denen die E-Schicht länger bei 75 m erscheint als das F-Gebiet, siehe Abb. 4, vierte Reihe.

[3]) E. V. Appleton, G. Builder and R. Naismith: Ionospheric Investigations in High Latitudes, Nature Vol. 132, p. 340.

Auch die Peilschwankungen zeigen an gestörten Tagen ein erheblich anderes Verhalten als an ungestörten. Ihr Einsetzen verzögert sich oder sie bleiben völlig aus. An solchen Tagen bleibt das Feld linear polarisiert so wie an den Sommertagen des Juni (Abb. 4, unterste Reihe).

Das Reflexionsvermögen der Ionosphäre, das in Abb. 4, zweite bis vierte Reihe, dargestellt ist, bedeutet den Bruchteil der Beobachtungszeit, in dem bei der Welle 150 oder 75 m Echos erhalten wurden. Sowohl zur Mittagszeit im Sommer als auch während magnetischer Störungen war es häufig unmöglich, irgendwelche Echos zu erhalten. Während nun die bei senkrechter Reflexion beobachteten Echos bei magnetischen Störungen sehr häufig völlig aussetzen, sinkt zwar auch die Feldstärke der Rundfunkstationen; jedoch blieb der Rundfunkempfang nur ein einziges Mal in den 20 Beobachtungsmonaten während einer Nordlichtkrone völlig aus.

Die außerordentlich unruhige und unregelmäßige Form des Nordlichts legt es nahe zu vermuten, daß die durch die Korpuskularstrahlung hervorgerufene Ionisierung auch sehr unregelmäßig ist; dann muß aber auch das Reflexionsvermögen der Ionosphäre für senkrecht auffallende Strahlen sehr viel kleiner sein als für die schräge Inzidenz der Rundfunkwellen.

(Eingegangen am 24. Mai 1935.)